

Rec'd PCT/PTO 07 OCT 2004

PCT/JP03/02199

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

27.02.03

~~31~~

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 4月 9日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-106235

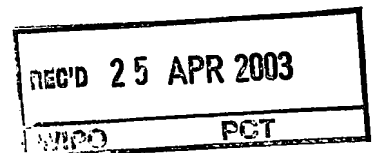
[ ST.10/C ]:

[ JP2002-106235 ]

出 願 人

Applicant(s):

日産自動車株式会社

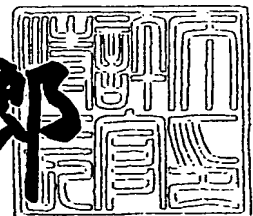


PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 4月 8日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田 信一郎



Best Available Copy 出証番号 出証特2003-3024634

【書類名】 特許願

【整理番号】 NM01-00715

【提出日】 平成14年 4月 9日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01M 8/04  
H01M 8/06

【発明の名称】 改質型燃料電池システム

【請求項の数】 8

【発明者】  
【住所又は居所】 神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地 日産自動車株式会  
社内

【氏名】 飯尾 雅俊

【特許出願人】  
【識別番号】 000003997  
【氏名又は名称】 日産自動車株式会社

【代理人】  
【識別番号】 100075513  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 後藤 政喜

【選任した代理人】  
【識別番号】 100084537  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 松田 嘉夫

【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 019839  
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9706786

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 改質型燃料電池システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

改質反応により水素リッチな改質ガスを生成する改質手段を備えた燃料電池システムにおいて、

前記改質手段を複数の反応器により構成し、

システム暖機時に、前記改質手段を暖機する燃焼ガスを希薄燃焼により生成する燃焼器と、

前記燃焼器により生成した燃焼ガスを前記複数の反応器に分配する燃焼ガス分配管を備えたことを特徴とする改質型燃料電池システム。

【請求項 2】

前記複数の反応器が運転温度に同時に達するように燃焼ガスを分配する請求項 1 に記載の改質型燃料電池システム。

【請求項 3】

前記改質手段の暖機運転終了直後における改質ガスの発生量を設定し、前記反応器の、少なくとも設定した改質ガス発生量を賄うだけの容積相当分を暖機する請求項 2 に記載の改質型燃料電池システム。

【請求項 4】

前記燃焼ガス分配管の少なくとも一つに空気を追加流入する空気配管を備えた請求項 1 から 3 のいずれか一つに記載の改質型燃料電池システム。

【請求項 5】

前記空気配管に、空気の流量を制御する流量制御弁を備えた請求項 4 に記載の改質型燃料電池システム。

【請求項 6】

前記反応器の温度を推定する温度推定手段と、

前記温度推定手段により推定された温度が前記反応器の運転温度以下の場合に、前記温度から、加熱に必要な熱量を演算する演算手段を備え、

前記演算手段の演算結果に基づき、前記空気配管から前記燃焼ガス分配管に空

気を流入する請求項 5 に記載の改質型燃料電池システム。

【請求項 7】

前記燃焼ガス分配管の少なくとも一つに配置した燃焼ガス流量調整弁と

前記反応器の温度を推定する温度推定手段と、

前記温度推定手段により推定された温度が前記反応器の運転温度以下の場合に、前記温度から、加熱に必要な熱量を演算する演算手段と、を備え、

前記演算手段の演算結果に基づいて前記燃焼ガス流量調整弁を制御することにより、前記燃焼ガス分配管に分配する燃焼ガスの分配割合を調整する請求項 1 または 2 に記載の改質型燃料電池システム。

【請求項 8】

前記改質手段を、改質反応器と、シフト反応器、CO 除去器を直列に配置することにより形成し、少なくとも前記改質反応器と前記 CO 除去器に燃焼ガス分配管から燃焼ガスを供給する請求項 1 から 7 のいずれか一つに記載の改質型燃料電池システム。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【産業上の利用分野】

本発明は、改質型燃料電池システム、特に改質器の暖機に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来の改質型燃料電池システムにおける起動時の暖機装置としては、特開平 5 - 3 0 3 9 7 0 号公報のようなものが知られている。これは、バーナで改質反応器を暖機するとともに、バーナからの排出ガスを一酸化炭素変成器の加熱ガスとして供給することで、燃料電池システムの起動時に改質反応器および一酸化炭素変成器の暖機を行っている。

【0 0 0 3】

【発明が解決しようとしている問題点】

しかしながら、このような従来技術においては、一酸化炭素変成器に供給される加熱ガスの温度が低く、暖機時間が長時間になるという問題がある。これは、

改質反応器を加熱した後に一酸化炭素変成器に供給されて暖機を行うので、改質反応器の暖機が終了するまでは一酸化炭素変成器に供給される加熱ガスの温度が低いのである。これにより、改質反応器の暖機が終了してから一酸化炭素変成器の暖機が行われるので暖機時間が長時間必要となる。

## 【 0 0 0 4 】

そこで本発明は、一酸化炭素変成器も含めてすばやく暖機することができる燃料電池システムを提供することを目的とする。

## 【 0 0 0 5 】

## 【問題点を解決するための手段】

第 1 の発明は、改質反応により水素リッチな改質ガスを生成する改質手段を備えた燃料電池システムにおいて、前記改質手段を複数の反応器により構成し、システム暖機時に、前記改質手段を暖機する燃焼ガスを希薄燃焼により生成する燃焼器と、前記燃焼器により生成した燃焼ガスを前記複数の反応器に分配する燃焼ガス分配管を備えたことを特徴とする。

## 【 0 0 0 6 】

第 2 の発明は、第 1 の発明において、前記複数の反応器が運転温度に同時に達するように燃焼ガスを分配する。

## 【 0 0 0 7 】

第 3 の発明は、第 2 の発明において、前記改質手段の暖機運転終了直後における改質ガスの発生量を設定し、前記反応器の、少なくとも設定した改質ガス発生量を賄うだけの容積相当分を暖機する。

## 【 0 0 0 8 】

第 4 の発明は、第 1 から 3 のいずれか一つの発明において、前記燃焼ガス分配管の少なくとも一つに空気を追加流入する空気配管を備えた。

## 【 0 0 0 9 】

第 5 の発明は、第 4 の発明において、前記空気配管に、空気の流量を制御する流量制御弁を備えた。

## 【 0 0 1 0 】

第 6 の発明は、第 5 の発明において、前記反応器の温度を推定する温度推定手

段と、前記温度推定手段により推定された温度が前記反応器の運転温度以下の場合に、前記温度から、加熱に必要な熱量を演算する演算手段を備え、前記演算手段の演算結果に基づき、前記空気配管から前記燃焼ガス分配管に空気を流入する。

#### 【0011】

第7の発明は、第1または2の発明において、前記燃焼ガス分配管の少なくとも一つに配置した燃焼ガス流量調整弁と、前記反応器の温度を推定する温度推定手段と、前記温度推定手段により推定された温度が前記反応器の運転温度以下の場合に、前記温度から、加熱に必要な熱量を演算する演算手段と、を備え、前記演算手段の演算結果に基づいて前記燃焼ガス流量調整弁を制御することにより、前記燃焼ガス分配管に分配する燃焼ガスの分配割合を調整する。

#### 【0012】

第8の発明は、第1から7のいずれか一つの発明において、前記改質手段を、改質反応器と、シフト反応器、CO除去器を直列に配置することにより形成し、少なくとも前記改質反応器と前記CO除去器に燃焼ガス分配管から燃焼ガスを供給する。

#### 【0013】

##### 【作用及び効果】

第1の発明によれば、システム暖機時に、燃焼器により生成した希薄燃焼ガスを、複数の反応器に分配する燃焼ガス分配管を備えたことで、複数の反応器の内、下流側の反応器にもはじめから耐熱温度の範囲内の高温の加熱ガスで加熱することができ、下流の反応器の暖機時間を短くすることができる。

#### 【0014】

第2の発明によれば、複数の反応器が運転温度に同時に達するように燃焼ガスを分配することで、各反応器を必要以上の高温にまで加熱することなく、効率的に暖機することができる。

#### 【0015】

第3の発明によれば、改質手段の暖機運転終了直後における改質ガスの発生量を設定し、反応器の、少なくとも設定した改質ガス発生量を賄うだけの容積相当

分を暖機することで、設定負荷が所定より小さい場合、暖機に用いる熱量を反応器全体を暖機する場合に比べて小さくし、燃料消費を低減することができる。

【0016】

第4の発明によれば、燃焼ガス分配管の少なくとも一つに空気を追加流入する空気配管を備えることで、各反応器に分配する燃焼ガス温度を各反応器の耐熱温度以下に維持できるため、各反応器の性能劣化を確実に防止できる。

【0017】

第5の発明によれば、空気配管に、空気の流量を制御する流量制御弁を備えることで、燃焼ガス分配管に流入する空気量を制御することができ、ひいては、各反応器に導入する燃焼ガス流量を制御することができるので、燃焼ガスを適当に分配することができる。

【0018】

第6の発明によれば、加熱に必要な熱量を演算する演算手段の演算結果に基づき、空気配管から燃焼ガス分配管に空気を流入することで、冷却状況および暖機開始時の反応器温度に応じて、過剰な加熱を避けつつ暖機開始時の反応器間に生じた温度分布に適した昇温を行うことができる。

【0019】

第7の発明によれば、加熱に必要な熱量を演算する演算手段の演算結果に基づいて、燃焼ガス流量調整弁を制御することにより、燃焼ガス分配管に分配する燃焼ガスの分配割合を調整することで、加熱に用いる熱量を節約することが可能となる。

【0020】

第8の発明によれば、改質手段を、改質反応器と、シフト反応器、CO除去器を直列に配置することにより形成し、少なくとも改質反応器とCO除去器に燃焼ガス分配管から燃焼ガスを供給することで、暖機時に下流側のCO除去器に高温の燃焼ガスを暖機開始時から供給することができるので、少ない追加構成要素により暖機時間を短縮することができる。

【0021】

【発明の実施の形態】



第 1 の実施形態における燃料電池システムの構成を図 1 に示す。ここでは、炭化水素燃料を原料として水素リッチな燃料ガスを生成する改質器を直列に配置された改質反応器 3、シフト反応器 4、CO 除去器 5 から構成する。以下、これらを単に反応器という。また、燃料電池システムの運転制御は図示しないコントローラにより行う。

#### 【 0 0 2 2 】

燃料電池 2 において発電を行う際には、燃料タンク 1 0 内の炭化水素系燃料をポンプ 1 1 を介して改質器に供給する。ここでは、改質器の最も上流側に位置する改質反応器 3 に備えたインジェクタ 1 3 から改質反応器 3 内に供給する。同時に、改質反応器 3 には、コンプレッサ 1 から空気配管 6 1 を通り、調整弁 2 1 において流量を調整した空気を供給する。

#### 【 0 0 2 3 】

改質反応器 3 では、供給された燃料と空気とを原料として改質反応を生じることにより水素リッチガスを生成する。この水素リッチガスには燃料電池 2 の劣化原因となる一酸化炭素が含まれているので、改質反応器 3 の下流に配置したシフト反応器 4 および CO 除去器 5 によって一酸化炭素を除去する。

#### 【 0 0 2 4 】

シフト反応器 4 においては、水素リッチガスを触媒に供給してシフト反応を促進させることにより一酸化炭素を低減する。さらに CO 除去器 5 では、コンプレッサ 1 から空気配管 6 2 を通って供給される空気中の酸素を用いた触媒酸化反応により、さらに一酸化炭素を低減する。このとき、CO 除去器 5 に供給される空気の流量は空気配管 6 2 に設置した調整弁 2 3 により調整する。

#### 【 0 0 2 5 】

燃料電池 2 では、上記のように一酸化炭素濃度を低減させた水素リッチガスと、コンプレッサ 1 から空気配管 6 3 を通り、調整弁 2 4 によって流量を調整された空気と、を用いて発電を行う。

#### 【 0 0 2 6 】

このような燃料電池システムにおいて、起動時には改質器を構成する反応器 3、4、5 に充填した触媒を活性状態とするために以下のような暖機運転を行う。

## 【0027】

燃料タンク10からポンプ11により取り出した燃料を、燃料配管14およびインジェクタ15を介して燃焼器6に供給する。燃焼器6では、供給された燃料と、コンプレッサ1から空気配管60を通り供給された空気により燃焼を行う。ここでは、生成ガス温度が低く、また、生成される一酸化炭素量の少ない希薄燃焼により希薄燃焼ガス（以下、燃焼ガス）を生成する。燃焼ガスは燃焼ガス分配管71、72、73に分割され、改質反応器3、シフト反応器4、CO除去器5に供給される。

## 【0028】

燃焼ガス分配管71を通り改質反応器3に供給された燃焼ガスは、改質反応器3の加熱ガスとして改質反応器3を暖機後、燃焼ガス分配管72を通して供給される燃焼ガスとガスミキサ31において混合される。これにより生成された燃焼ガスより低温の加熱ガスをシフト反応器4に供給して、シフト反応器4の暖機を行う。シフト反応器4の暖機終了後、暖機に使用した加熱ガスと、燃焼ガス分配管73から供給される燃焼ガスとをガスミキサ32において混合する。これにより生成されたさらに低温の加熱ガスによりCO除去器5を加熱する。

## 【0029】

CO除去器5の暖機後の加熱ガスは燃料電池システム外に排出される。ここでは希薄燃焼により生成したCO濃度の低い燃焼ガスを用いているので、改質器の暖機終了後には燃料電池2を介して燃料電池システム外に排出することができる。

## 【0030】

ここで、暖機完了後の改質運転時には反応器3、4、5等で生じる圧力損失のために、改質器内の上流側のほうが下流側よりも圧力が高くなる。これにより、燃焼ガス分配管71、72を通じて、上流側の反応器から下流側の反応器へ改質ガスが流出する可能性がある。そこで、燃焼ガス分配管71、72に逆止弁41、42を設けることで、未反応ガスが下流側に流出するのを防ぐことができる。

## 【0031】

次に、上記のような暖機運転により、各反応器3、4、5が所定の転換率を示

す温度にまで加熱するのに必要な熱量を求める。

【0032】

まず所定の転換率を示すように、各反応器3、4、5の目標暖機温度を設定する。これは、充填した触媒が所定の活性を示す時の運転温度である。この運転温度にまで各反応器を加熱することで、所定の転換率を得ることができ、つまりは所定量の水素リッチガスを生成することができる。発電運転時の改質反応器3の運転温度を $T_{rp}$ 、シフト反応器4の運転温度を $T_{sp}$ 、CO除去器5の運転温度を $T_{cp}$ とすると、一般的には $T_{rp} > T_{sp} > T_{cp}$ が成立する。このとき、各反応器3、4、5の目標暖機温度も同様の大小関係を示す。

【0033】

図3に目標暖機温度を求める際に用いるマップを示す。単位触媒体積あたりの反応ガスの体積流量を一定としたときの、触媒温度に対する転換率を示す曲線をSV曲線とする。このとき、暖機直後の改質器の状態を転換率が $\alpha$ 以上を示す活性状態を得るためには、暖機目標温度を $T_1 \sim T_2$ の範囲で設定する。

【0034】

このように暖機目標温度を設定したら、この暖機目標温度に達するために必要な熱量（必要熱量）を求める。ここでは、暖機目標温度と暖機開始時の各反応器の温度との差と、各反応器の熱容量の積で表すことができる。

【0035】

【式1】

$$\text{必要熱量} = \text{反応器熱容量} \times (\text{暖機目標温度} - \text{暖機初期温度}) \cdots (1)$$

【0036】

各反応器3、4、5を必要な転換率を示すように暖機するためには、上記の必要熱量を加熱ガスにより供給される必要がある。そこで、加熱ガスにより暖機時間 $T_i$ 内に各反応器に与えられる熱量を求める。

【0037】

## 【式 2】

熱量＝

$$\int_0^T (\text{加熱ガスの比熱}(t) \times \text{流量}(t) \times \text{加熱ガスの反応器入口と出口の温度差}(t)) dt \quad \dots (2)$$

## 【0038】

このように表される暖機時間  $T_i$  内に各反応器 3、4、5 に供給される熱量が、各反応器 3、4、5 の必要熱量を満たすとき、各反応器 3、4、5 を目標暖機温度にまでほぼ同時に暖機することができる。

## 【0039】

ここで、加熱ガスの流量および温度または組成は、燃焼器 6 で生成される燃焼ガスによって決定する。燃焼ガスの流量および温度、組成は燃焼器 6 に供給する空気と燃料の流量によって定まる。空気流量はコンプレッサ 1 の回転数で定めるか、図示しない空気流量計により測定することで目標値に制御する。一方、燃料流量はインジェクタ 15 の負荷もしくは、図示していない燃料流量計により測定することで目標値に制御する。ここでは、燃焼器 6 に供給する空気量および燃料量は一定とする。

## 【0040】

次に、上記のような加熱ガスを供給するために、各反応器に供給する燃焼ガスの分配割合を求める。ここで、流量で示される分配割合は時間によらず一定とし、各反応器 3、4、5 の暖機がほぼ同時に終わるように設定する。また、供給する燃焼ガスの温度を  $T$ 、各反応器 3、4、5 を暖機する時間を暖機時間  $T_i$  と設定する。

## 【0041】

最も上流側の改質反応器 3 においては、加熱ガスは燃焼ガス分配管 71 から供給される燃焼ガスとなる。そのため、式 (2) における加熱ガスの反応器入口温度は燃焼ガス温度  $T$  となる。

## 【0042】

一方、改質反応器 3 の伝熱面積と熱伝達率から伝熱量を計算し、伝熱量に基づ

き反応気入口と出口の温度差を算出する。あるいは、実験的に、改質反応器 3 の下流に設けられた温度センサ 51 により測定した温度を加熱ガスの出口温度  $T_a(t)$  として、式 (2) における加熱ガスの反応器入口と出口の温度差を時間の関数 ( $T - T_a(t)$ ) として表すこともできる。

## 【0043】

このとき、式 (2) でもとめる熱量が必要熱量を賄うように、燃焼ガスの流量を設定することで、改質反応機 3 を暖機時間  $T_i$  で暖機することのできる燃焼ガスの供給量  $Q_a$  を設定することができる。

## 【0044】

改質反応器 3 の下流に位置するシフト反応器 4 においては、加熱ガスは、改質反応器 3 で暖機に利用した後の低温ガスと、燃焼ガス分配管 72 から供給される燃焼ガスとをミキサ 31 において混合することにより生成した混合ガスとなる。

## 【0045】

ここでは下流のシフト反応器 4 に流入する改質反応器 3 からのガスの温度を、算出した温度または温度センサ 51 により測定される温度  $T_a(t)$  とすることができる。シフト反応器 4 に供給される加熱ガスの温度は、燃焼ガス分配管 72 からの燃焼ガスの温度  $T$  および流量  $Q_b$  と、改質反応器 3 からのガスの流量  $Q_a$ 、温度  $T_a(t)$  の関数として与えられる温度となる。ここで、燃焼器 6 からの燃焼ガス流量と各反応器 3、4、5 への燃焼ガス分配割合を一定とするので、改質反応器 3 から供給されるガス流量  $Q_a$  およびシフト反応器 4 に供給される燃焼ガス流量  $Q_b$  は一定であり、加熱ガス温度は時間の関数として与えられる。

## 【0046】

この加熱ガスの温度と温度センサ 52 で測定されるシフト反応器 4 の出口温度  $T_b(t)$  との差から暖機時間  $T_i$  内にシフト反応器 4 の加熱に利用した熱量を求める。出口温度は、伝熱面積と熱伝達率から伝熱量を算出し、算出された伝熱量に基づき求めることができるが、実験的に求めることもできる。例えば、反応器の仕様が定まったもので事前に実験することにより、時間の関数としてシフト反応器 4 の出口温度データを取得し、このガス出口温度をもとにシフト反応器 4 が加熱に利用した熱量を求める。この熱量が、シフト反応器 4 の必要熱量を満足

するように燃焼ガス供給量 $Q_b$ を設定することで、シフト反応器4の暖機時間を $T_i$ に設定することができる。

## 【0047】

さらに下流に位置するCO除去器5についても、シフト反応器4の出口温度を元に演算または実験することにより供給される熱量を求めることができ、これからCO除去器5に供給する燃焼ガス流量 $Q_c$ を決定する。

## 【0048】

このように、各反応器3、4、5の暖機に必要な熱量を算出し、各反応器3、4、5に供給される加熱ガスが供給する熱量が、その必要熱量を満足するように加熱ガスを供給することで、反応器3、4、5を暖機することができる。このとき所定時間 $T_i$ でそれぞれの反応器3、4、5の暖機が終了するように燃焼ガスの供給割合 $Q_a$ 、 $Q_b$ 、 $Q_c$ と設定することで、全体の暖機時間を短縮することができる。また過剰に暖機するのを防ぐことができるので、燃料消費を低減することができる。

## 【0049】

この燃焼ガスの供給割合により、各燃焼ガス分配管71、72、73の断面積を決定することで、各反応器の暖機を同時に終了することのできる燃料電池システムを構成することができる。このとき、各燃焼ガス分配管71、72、73の断面積は各配管の形状によって決定してもよいが、バルブ等を設けて燃焼ガスの分配割合を調節可能な構造としてもよい。

## 【0050】

このように、燃焼ガスを分配した場合の各反応器の温度変化を図5に示す。これは、改質反応器3、シフト反応器4、CO除去器5に燃焼ガスを4:1:1で分配した場合の反応器の温度上昇を示す。図4には、従来例として、燃焼ガスを分配しない場合を示す。

## 【0051】

図4に示されるように、燃焼ガスを分配しない場合、改質反応器3の温度は上昇が早く、改質反応器3の暖機目標温度に短時間で到達する(点 $A_1$ )。一方、CO除去器5が目標暖機温度に到達するまでには時間がかかる(点 $C_1$ )。ここ

で、燃料電池 2 での CO 被毒を防止するため、燃料電池 2 が許容する CO 濃度  
にまで CO 除去した後でしか改質ガスを燃料電池 2 に供給することができない。そ  
のため、CO 除去器 5 が十分に性能を発揮できる温度にまで昇温されなければ暖  
機が終了したことにならない。よって、CO 除去器 5 の暖機が終了する（点 C<sub>1</sub>  
）まで改質反応器 3 の暖機が継続されるので、改質反応器 3 が過剰に暖機される  
ことになる。これにより、燃料を余分に消費することになるので燃料効率を低下  
させる。

## 【 0 0 5 2 】

これに対して図 5 では、各反応器の暖機をほぼ同時に終了することができ、暖  
機時間を短縮することができるとともに、燃料消費量を低減することができる。

## 【 0 0 5 3 】

このように、改質器を構成する反応器の特に下流側の反応器にも燃焼ガスを供  
給することで、下流側の反応器も暖機運転の最初から高温ガスを用いた加熱を行  
うことができる。さらに、各反応器がほぼ同時に目標暖機温度に達するように燃  
焼ガスを分配することで、さらに効率的な加熱を行うことができ、暖機時間を短  
縮することができる。

## 【 0 0 5 4 】

次に、暖機終了後に必要となる負荷が必ずしも 1 0 0 % ではないものについて  
説明する。これは例えば、車輛等にこの燃料電池システムを用いた場合であり、  
走行状態毎に燃料電池が発生すべき設定負荷が決まる。そのため、改質器も全体  
が 1 0 0 % 負荷に相当する水素を必ずしも発生する必要はなく、設定に応じた転  
換性能が得られる体積分の触媒だけ運転温度に昇温すればよい。

## 【 0 0 5 5 】

例えば、暖機直後の設定負荷が 5 0 % であれば、供給される反応ガスの流量は  
5 0 % となるため、設定負荷が 1 0 0 % に相当する水素を生成する触媒体積の 5  
0 % だけ目標暖機温度に達すればよい。これは、目標暖機温度に達していない触  
媒も実際には反応を生じることから、負荷が 5 0 % の場合には触媒体積の 5 0 %  
だけを暖機することで十分な転換性能を得ることができる。そのため、図 2 に示  
したように、各反応器が負荷に応じた割合分だけ暖機されるように加熱すること

で、暖機後設定負荷相当の水素を発生することができる。このとき、各反応器 3、4、5 の出口温度は、加熱開始前の低温の状態で維持し、各反応器 3、4、5 の出入温度差が大きくなるように加熱する。このように、各反応器 3、4、5 を部分的に加熱して、残りの部分をできるだけ加熱しないことで、加熱に必要な熱量を節約することができる。

## 【0056】

この場合、各反応器 3、4、5 で供給された熱量を十分に吸熱した後に、下流の反応器にガスが流出するので、供給される熱量の配分は単純に、以下のような関係となる。

## 【0057】

## 【式 3】

改質反応器 3 への供給熱量：シフト反応器 4 への供給熱量：CO 除去器 5 への供給熱量

$$= (\text{改質反応器 3 全体の暖機に必要な熱量} \times \text{運転開始時負荷割合}) : (\text{シフト反応器 4 全体の暖機に必要な熱量} \times \text{運転開始時負荷割合}) : (\text{CO 除去器全体の暖機に必要な熱量} \times \text{運転開始時負荷割合}) \quad \dots (3)$$

## 【0058】

改質運転開始時の負荷が小さいほど暖機する体積が小さく、局所的に加熱する必要があるため、供給ガスは反応ガスの耐熱温度以下のできるだけ高温で、小流量であるほうが有効である。

## 【0059】

このように燃焼ガスを各反応器に分配して供給するので、暖機終了後に要求される改質ガス発生量に応じて、各反応器 3、4、5 の暖機対象となる容積を設定し、それに応じて燃焼ガスを供給することができ、燃料消費を低減することができる。

## 【0060】

ここで、改質反応器の触媒の耐熱温度を  $T_r$ 、シフト反応器 4 の触媒の耐熱温度を  $T_s$ 、CO 除去器 5 の触媒の耐熱温度を  $T_c$  とすると、 $T_r$ 、 $T_s$ 、 $T_c$  は異なる。反応器の耐熱温度の間には、一般的に  $T_r > T_s > T_c$  が成立する。各反



応器はそれぞれの耐熱温度以下の加熱ガスでしか加熱することができない。これは、耐熱温度以上の加熱ガスを供給すると、シントリング等の発生により触媒の寿命が低下してしまうためである。

## 【0061】

本実施形態では上流の反応器を暖機したために低温となった低温燃焼ガスと、燃焼器6から直接供給される高温燃焼ガスをガスミキサ31、32により混合してから下流に供給する。このため、燃焼ガス温度 $T_g$ を $T_r > T_g > T_s$ とした場合でも、シフト反応器4およびCO除去器5には温度が低下した混合ガスを供給するため、触媒の寿命低下を抑えることができる。

## 【0062】

このように、暖機終了直後の燃料電池システムの負荷に応じた割合の体積を暖機することで、暖機に用いる燃料を節約することができ燃料電池システムの実用燃費を小さくすることができる。

## 【0063】

また、以下のような理由から、本実施形態では燃焼ガス分配管72を省略することができる。

## 【0064】

改質器においては、通常、改質器は上流にある反応器ほど運転温度が高いために、最も上流の改質器への加熱が優先される。しかし、燃料電池2に改質ガスを導入するためには、最下流のCO除去器5が運転可能温度に達していなければ導入できない。また、CO除去器5は低温で活性がよく、その代わり高温の耐熱性は低い触媒を使用する場合があるため、CO除去器5と加熱ガスの温度差を大きくつけることができず、加熱に時間がかかる。よって、シフト反応器4に比べてCO除去器5に優先的に加熱ガスを分配するため、本実施例の構成に対して、シフト反応器4には燃焼ガス分配管72を備えず、CO除去器5にのみ燃焼ガスの燃焼ガス分配管73を備えることにより、システムの簡略化を図ることができる。

## 【0065】

次に、第2の実施形態について説明する。ここで用いる燃料電池システムの構

成を図 6 に示す。

【 0 0 6 6 】

シフト反応器 4 および CO 除去器 5 への燃焼ガス分配管 7 2、7 3 の途中にコンプレッサ 1 から空気を供給する空気配管 6 4、6 5 を接続し、この空気配管 6 4、6 5 に空気流量調整弁 2 2、2 3 を設ける。

【 0 0 6 7 】

各反応器 3、4、5 の下流側には温度センサ 5 1、5 2、5 3 を配置し、またこれらの測定値により各反応器 3、4、5 へ供給する燃焼ガスに混入する空気流量を算出する演算手段 8 2 を備える。この温度センサ 5 1、5 2、5 3 により測定した燃料電池システム停止中の温度もしくは起動開始直後の温度を、各温度センサ 5 1、5 2、5 3 の上流側にある各反応器 3、4、5 の暖機開始出口温度とする。予め実験等により各反応器 3、4、5 内の初期温度分布の傾向を求めておき、これと前述の暖機開始出口温度とから各反応器 3、4、5 の暖機初期温度を得る。

【 0 0 6 8 】

周辺に熱容量の大きな機器が配置されている、または、冷却風の流量が多い、反応器が外部から熱容量の大きな液体で冷却されている等の各反応器周辺の冷却状況により、各反応器の暖機初期温度が完全に冷機された冷機状態とことなる場合、各反応器の暖機初期温度からの暖機に必要な熱量は、各反応器の冷機状態からの暖機に必要な熱量と異なる。

【 0 0 6 9 】

例えば、シフト反応器 4 の暖機初期温度からの暖機に必要な熱量が、シフト反応器 4 の冷機時からの暖機に必要な熱量より小さい場合には、空気配管 6 4 からシフト反応器 4 へ供給する空気流量を増加する。これにより、燃焼ガス温度をシフト反応器 4 の運転時の温度程度まで低下させることができ、シフト反応器 4 と加熱ガスの温度差を小さくすることができる。その結果、燃焼ガスからシフト反応器 4 に供給される熱量を低減することができるので、下流側の CO 除去器 5 への熱供給量を増加することができる。

【 0 0 7 0 】

また、CO除去器5の暖機初期温度からの暖機に必要な熱量が、CO除去器5の冷機時からの暖機に必要な熱量より小さい場合には、シフト反応気4へ空気配管64から供給する空気流量を少なくする。これと同時に、CO除去器5へ空気配管65から供給する空気流量を増加する。空気配管65からの空気供給量を大きくすることにより、CO除去器5に接続する燃焼ガス分配管73の圧力損失を他の燃焼ガス分配管71、72に対して比較的大きくすることができる。これにより、改質反応器3およびシフト反応器4に供給される燃焼ガスの流量割合を大きくして、CO除去器5に供給する燃焼ガスの流量割合を小さくすることができる。その結果、通常の冷機状態からの暖機に比べてCO除去器5へ与えられる熱量を低減して、その他の反応器へ与えられる熱量を増加することができるので暖機時間を短縮することができる。

## 【0071】

上述のように空気流量を制御するために、各燃焼ガス分配管71、72、73の圧力損失の釣り合いを考える。燃焼器6から各反応器3、4、5への燃焼ガス分配管71、72、73の圧力は以下のような式を満たすように、燃焼ガスは分配される。

## 【0072】

## 【式4】

$$\begin{aligned}
 & \text{改質反応器への供給配管71の圧力損失} \\
 & = \text{シフト反応器への供給配管72の圧力損失} - \text{改質反応器3の圧力損失} \\
 & = \text{CO除去器への供給配管73の圧力損失} - (\text{改質反応器3の圧力損失} + \text{シフト反応器4の圧力損失}) \quad \dots (4)
 \end{aligned}$$

## 【0073】

上式の各圧力損失は、以下のような式により求めることができる。

## 【0074】

## 【式 5】

圧力損失＝圧力損失係数×配管の長さ÷配管の相当直径×混合ガスの密度×混合ガスの速度の2乗÷2 … (5)

## 【0075】

各反応器 3、4、5 および燃焼ガス分配管 71、72、73 の圧力損失係数は理論または実験で得られた値を採用する。式 (5) で示される圧力損失が式 (4) の関係を満たすように燃焼ガス分配管 71、72、73 から供給されるガス流量を設定することで、各反応器へのガス分配割合および空気流量調整弁 22、23 を制御することができる。

## 【0076】

例えばCO除去器 5 をまったく暖機しなくて良い場合には、CO除去器 5 への燃焼ガス分配管 73 において、燃焼ガスと空気の混合ガスがCO除去器の運転温度と等しくなるように空気流量を設定する。これにより、CO除去器 5 を運転温度に保ちながら、上流の改質反応器 3 およびシフト反応器 4 に流れる燃焼ガスの流量割合を最大にすることができ、燃焼ガスの熱量を有効に利用することができる。

## 【0077】

このように、空気流量調整弁 22、23 により燃焼ガスを希釈する空気流量を調整することにより、暖機に必要な熱量に応じて各反応器 3、4、5 に供給する熱量の配分を制御できる。その結果、暖機初期温度が冷機時と異なり、各反応器 3、4、5 の暖機に必要な熱量割合が冷機状態からの暖機と異なった場合でも、効率良く燃焼ガスの熱を暖機に用いることができ、燃料の利用効率を向上することができる。

## 【0078】

また、燃焼ガス温度を改質反応器 3 に充填した触媒の耐熱温度以下とし、燃焼ガス分配管 72、73 からシフト反応器 4 およびCO除去器 5 に供給するガスが

それぞれに充填した触媒の耐熱温度以下となるように空気配管 6 4、6 5 からの供給空気量を調整する。これにより、上流の反応器 3 または 4 から流入する低温ガスと燃焼ガス分配管 7 2 または 7 3 から流入する燃焼ガスとの混合が充分でない場合にも、反応器 4、5 に供給されるガス温度を触媒の耐熱温度以下に抑えることができ、触媒の性能劣化を低減することができる。

## 【 0 0 7 9 】

これにより、ミキサ 3 1、3 2 を省略することができ、このミキサによる圧力損失を低減できるため、起動させる際に空気を改質器に供給する圧力を低くすることができる。これにより、空気供給装置 1 の起動時の消費電力を低減することができる。

## 【 0 0 8 0 】

次に、第 3 の実施形態について説明する。燃料電池システムの構成を図 7 に示す。

## 【 0 0 8 1 】

CO 除去器 5 への燃焼ガス分配管 7 3 と空気配管 6 5 との合流部の下流側に燃焼ガス流量調整弁 8 0 を配置する。

## 【 0 0 8 2 】

この燃焼ガス流量調整弁 8 0 により、CO 除去器 5 への燃焼ガス流路の圧力損失と CO 除去器 5 以外の反応器 3、4 への合計圧力損失の割合を変更することで、CO 除去器 5 と CO 除去器以外の反応器への燃焼ガスの割合を変更する。

## 【 0 0 8 3 】

このように、燃焼ガス流量調整弁 8 0 を燃焼ガスと空気の混合部より下流に配置することで、燃焼ガス流量調整弁 8 0 を耐熱温度の低い材料により形成することができる。また、改質器の中で最も運転温度が低く、暖機の際の加熱ガス温度が低くて済む CO 除去器 5 のみに燃焼ガス流量調整弁 8 0 を設けることで、耐熱性の高い、高価な弁を用いずに燃焼ガスの流量調整をすることができる。

## 【 0 0 8 4 】

このようなシステムにおいて、起動時には温度センサ 5 1、5 2、5 3 により各反応器 3、4、5 の温度を測定し、CO 除去器 5 と CO 除去器 5 以外の加熱に

必要な熱量を演算手段 83 において演算する。これにより得られた CO 除去器 5 と CO 除去器 5 以外の反応器 3、4 の必要熱量の割合に合わせて、燃焼ガスが CO 除去器 5 とそれ以外に分配されるように燃焼ガス流量調整弁 80 の開度を制御する。

## 【0085】

冷機状態からの起動時には、燃焼ガス流量調整弁 80 の開度を大きくして、CO 除去器 5 への燃焼ガスの分配量が冷機状態からの暖機で必要な熱量割合となるように設定する。

## 【0086】

一方、改質器全体が完全に冷えていない場合には、熱容量が大きく反応温度の低い反応器ほど再度加熱するのに必要な熱量は少なくて済む。運転温度の高い上流側の反応器は、大気との温度差が大きいためシステム停止時に反応器からの放熱量が大きくなり、運転停止後しばらくの間は、下流側の反応器に比べて運転温度と反応器温度との差が大きくなる。

## 【0087】

この様な場合、CO 除去器 5 のような下流の運転温度が低温の反応器は、再起動の際に与える熱量が小さくてすみ、上流の運転温度が高温の反応器には、大きな熱量を与える必要がある。このため、改質器全体が完全に冷えていない再起動時には、燃焼ガス流量調整弁 80 の開度を小さくし、通常の冷機状態からの起動と比べて CO 除去器 5 への燃焼ガス流量を小さく、改質反応器 3 とシフト反応器 4 への燃焼ガス流量を大きくすることで、改質器全体の加熱終了までの時間を短縮することができる。

## 【0088】

これらの分配割合を決定する場合には、第 1 の実施形態で分配割合を演算した方法を応用して、その時刻における分配割合を算出しても良いし、あるいは、反応器温度分布と必要熱量の相関テーブルを予め実験的に求めておいて、これを利用してもよい。

## 【0089】

なお、本実施形態においては、さらに正確に制御するために、空気配管 64 に

空気調整弁を設けても良い。

【0090】

このように、本発明は上記の実施の形態に限定されるわけではなく、特許請求の範囲に記載した技術的思想の範囲内で様々な変更が成し得ることはいうまでもない。

【図面の簡単な説明】

【図1】

第1の実施形態における改質型燃料電池システムの構成図である。

【図2】

第1の実施形態において定格運転より小さい出力が要求される時の反応器内で暖機対象となる容積を示した説明図である。

【図3】

要求される転換率に対する反応器の暖機目標温度を示す図である。

【図4】

燃焼ガスを分配しない場合の各反応器の暖機時間と反応器温度を示す図である。

【図5】

燃焼ガスを分配した場合の各反応器の暖機時間と反応器温度を示す図である。

【図6】

第2の実施形態における改質型燃料電池システムの構成図である。

【図7】

第3の実施形態における改質型燃料電池システムの構成図である。

【符号の説明】

- 2 燃料電池
- 3 改質反応器
- 4 シフト反応器
- 5 CO除去器
- 6 燃焼器
- 61～65 空気配管

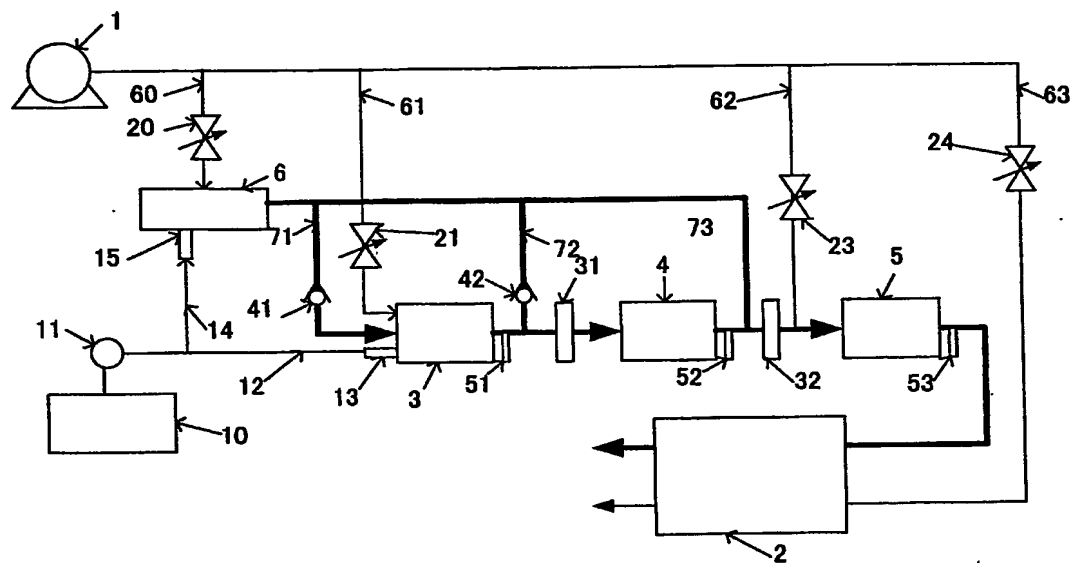
7 1 ~ 7 3 燃焼ガス分配管

8 0 燃焼ガス調整弁

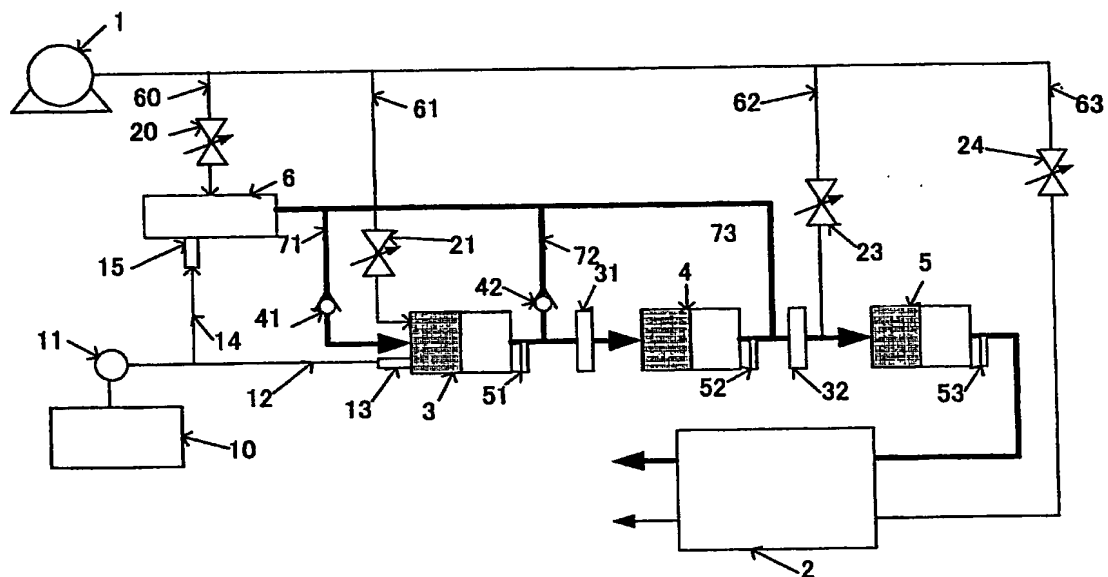


【書類名】 図面

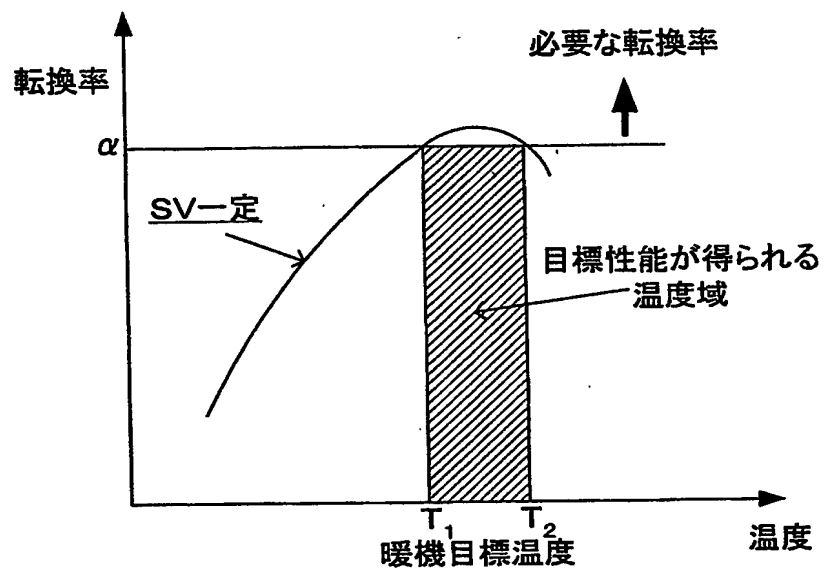
【図 1】



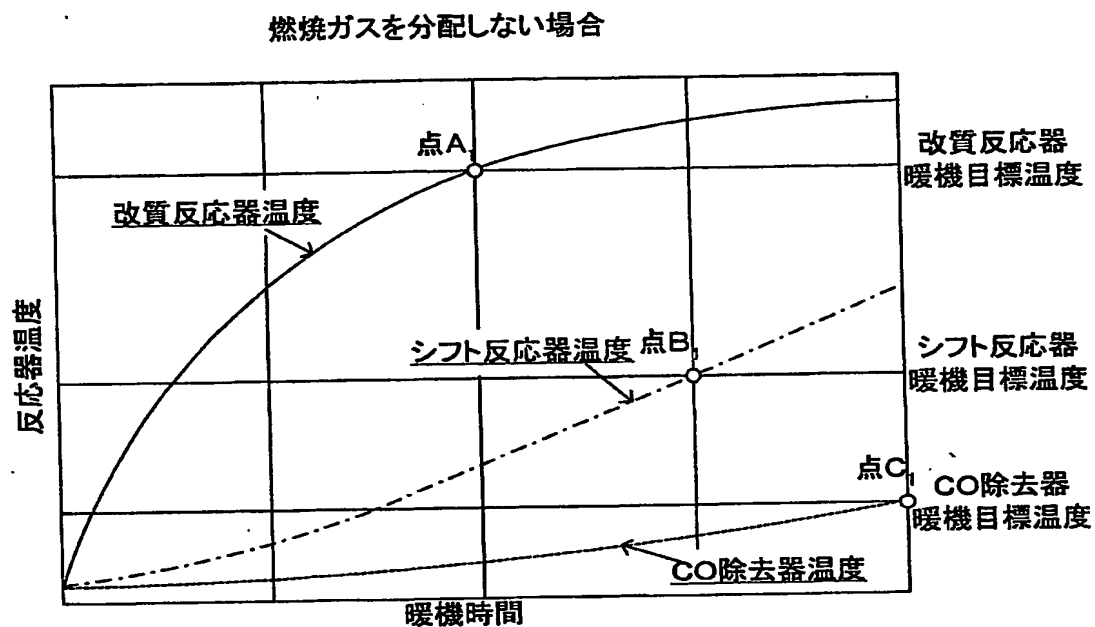
【図 2】



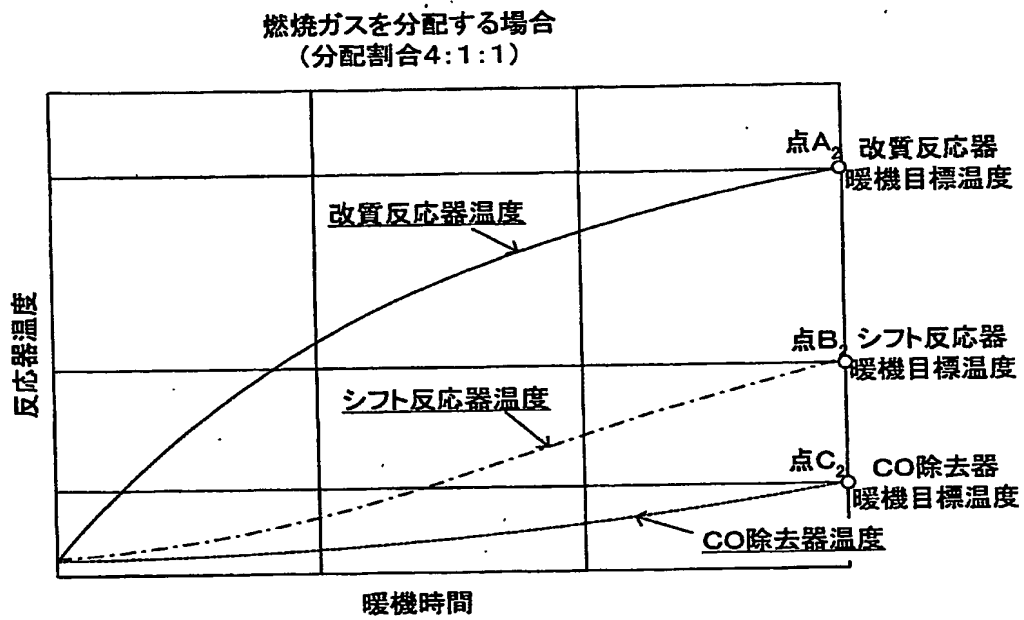
【図3】



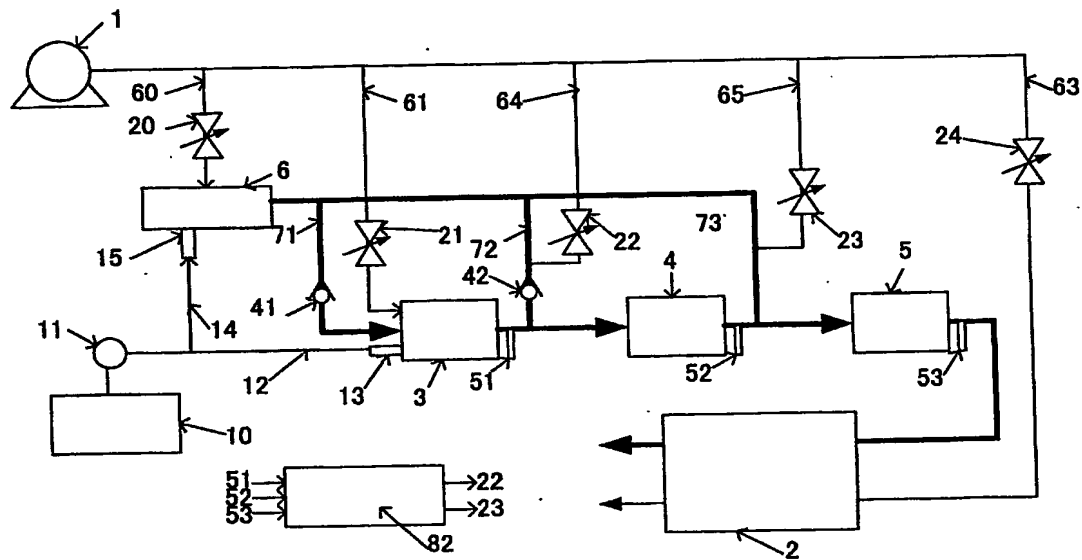
【図4】



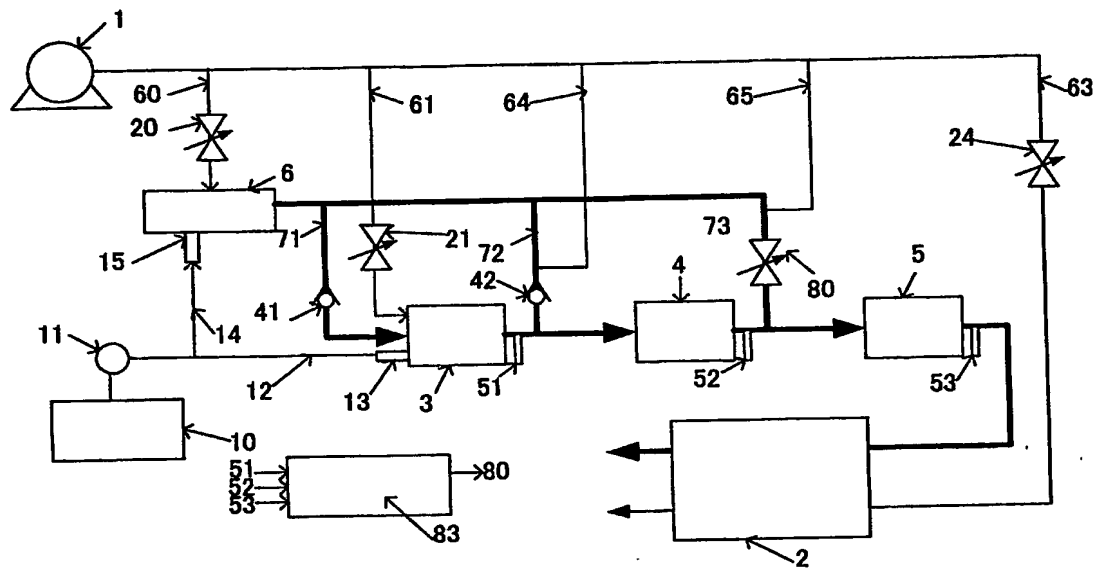
【図5】



【図 6】



【図7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 短時間で暖機を行うことのできる燃料電池システムを提供する。

【解決手段】 改質反応により水素リッチな改質ガスを生成する改質手段を備えた燃料電池システムにおいて、改質手段を複数の反応器 3、4、5 により構成し、システム暖機時に、改質手段を暖機する燃焼ガスを希薄燃焼により生成する燃焼器 6 と、燃焼器 6 により生成した燃焼ガスを反応器 3、4、5 に分配する燃焼ガス分配管 7 1、7 2、7 3 を備えた。また、各反応器 3、4、5 の暖機終了時間がほぼ同時となるように燃焼ガスの分配割合を設定した。

【選択図】 図 1



出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000003997]

1. 変更年月日	1990年 8月31日
[変更理由]	新規登録
住 所	神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
氏 名	日産自動車株式会社